

Über die Muskelfasern der Mollusken.

Ein Beitrag zur vergleichenden Structur- und Entwicklungs-Lehre des Muskelgewebes.

Von **Dr. Theodor Margo**,

Docenten der Histologie und s. Professor an der k. k. Universität zu Pest.

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. November 1859.)

Die von mir über die Bildung und den feineren Bau der Muskelfasern angestellten vergleichenden Untersuchungen ¹⁾ haben Resultate geliefert, welche bei der unstreitig hohen Wichtigkeit des Gegenstandes mein Interesse in der Folge um so mehr erregen mussten, als sich daraus für das Verständniss des Muskelgewebes manche neue und bis jetzt unbekannte Gesichtspunkte ergeben hatten.

Es ist mir nämlich gelungen durch eine Reihe von Beobachtungen zu zeigen, dass die Bildungsstätten der Fleischsubstanz eigenthümlich metamorphosirte Zellengebilde (Sarcoplasten) sind, und dass der contractile Inhalt des Sarcolemma aus der Verschmelzung der Sarcoplasten hervorgehe. Dieser Bildungsmodus wurde nicht nur an verschiedenen Wirbelthieren und am Menschen, sondern auch an Insecten und Crustaceen beobachtet.

Seit jener Zeit habe ich diesen Gegenstand auch an verschiedenen Mollusken vorgenommen und meine früheren Beobachtungen auch an diesen Thieren vollkommen bestätigt gefunden.

Es wurde hierbei dieselbe Untersuchungsmethode in Anwendung gebracht, die ich bereits bei meinen früheren Untersuchungen als die zweckentsprechendste befunden. Die möglichst lebensfrischen Thiere wurden in Alkohol ertränkt, und nachdem sie einige Zeit darin gelegen hatten, der Präparation unterworfen und in sehr diluirter Lösung von doppelt chromsaurem Kali aufbewahrt.

¹⁾ Neue Untersuchungen über die Entwicklung, das Wachsthum, die Neubildung und den feineren Bau der Muskelfasern. Im Auszuge im XXXVI. Bde. der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe. 1859, S. 219 u. f.

Durch die Güte der Herren Professoren E. Brücke und K. Wedl fand ich mich in der Lage eine Anzahl von verschiedenen Mollusken (Acephalen, Gasteropoden und Cephalopoden) genauer studiren zu können; andererseits aber lieferten mir die in grosser Menge um Pest vorkommenden Anodonten zu diesem Zwecke ein eben so reichliches als treffliches Material.

Möge es mir nun gestattet sein hier das, was sich bei diesen Untersuchungen sowohl über die eigenthümlichen Structurverhältnisse der in Frage stehenden Muskelfasern der Mollusken, wie auch über ihre Bildung und ihr Wachsthum mir ergeben hat, im Folgenden mitzutheilen.

I. Structur der Muskelfasern.

Was zunächst die feineren Structurverhältnisse der Muskel-Elemente von Mollusken anbelangt, so haben wohl die meisten Forscher bis jetzt nur glatte oder homogene Muskelfasern bei diesen Thieren angenommen.

So sollen nach R. Wagner's Untersuchungen ¹⁾ bei allen Cephalopoden, Gasteropoden, gehäusigen Acephalen und Ascidien durchgängig „Muskelfasern ohne Querstreifen“ vorkommen.

Auch Reichert ²⁾ sah sowohl in dem Mantel der Mollusken, wie im Darm, so wie in den Schliessmuskeln der Bivalven „nur ungestreifte Muskelfasern“, und erwähnt nur der einzigen Ausnahme von der Regel, dass bei *Turbo rugosus* einige kleine vom Mantel zum Schlundkopfe gehende Muskeln aus quergestreiften Muskelbündeln gebildet sind.

R. Owen ³⁾ drückt sich über die Structur der Muskelfasern bei den Mollusken folgendermassen aus: „the voluntary muskular fibre of the molluscous animals is distinguished from that of the Articulate and Vertebrate animals by the absence of the transverse striae“.

W. Bowman, dem wir sonst über die Histologie der Muskeln nicht wenig zu verdanken haben, scheint sich mit den Muskelfasern der Mollusken nicht näher befasst zu haben; wahrscheinlich jedoch hat

¹⁾ J. Müller's Handbuch der Physiologie des Menschen. 1833, 2. Bd., 1. Abtheil., S. 318.

²⁾ Jahresbericht, in Müller's Archiv. 1841, S. 285.

³⁾ Art. „Mollusca“, in Todd's Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. III. 1847, p. 365.

derselbe auch bei diesen, wie auch bei anderen niederen Thieren, da und dort, wiewohl nicht ganz deutliche Querstreifen gesehen, wie dies aus folgender Stelle seiner Beschreibung ersichtlich ist: „But in the lower animals, we find, that the distinctive characters of the two varieties begin to merge in to one another and be lost. The transverse stripes grow irregular, not parallel, interrupted; a fibre at one part will possess them, at another part will be without them“ 1).

Einige nähere Angaben über diesen Gegenstand finden sich bei Eschricht, Lebert und Robin, Leydig, Kölliker, H. Müller, Semper 2) und Gegenbauer.

D. F. Eschricht's 3) Untersuchungen beziehen sich blos auf Molluskoiden, namentlich Salpen, bei denen er die Muskelfasern deutlich quergestreift fand, besonders an alten Weingeistexemplaren deutlicher, als vielleicht bei irgend einem Wirbelthiere oder Articulaten.

H. Lebert und Ch. Robin 4) haben ferner im Fusse von Pecten und *Pagurus streblonyx*, so wie im Magen von *Aphrodite*, C. Gegenbauer 5) am *Retractor oculi* bei verschiedenen Helicinen und bei *Limax*, H. Müller 6) in den Kiemenherzen der Cephalopoden, Kölliker 7) bei einigen Mollusken, Leydig an Cephalopoden 8) (*Sepiola* und *Loligo*) und im Schlundkopfe und Herzen der *Paludina vivipara* 9), Muskelfasern mit mehr oder weniger deutlicher Querstreifenbildung wahrgenommen. Aus ihrer Beschreibung lässt sich jedoch mit Sicherheit nicht entnehmen, welcher Art die an den Muskelfasern der Mollusken beobachteten Querstreifen waren. Die meisten scheinen dieselben eher für Runzelungen der Oberfläche,

1) Art „Muscle“ in Todd's Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. III. 1847, p. 519.

2) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. VIII. Bd., 1856, S. 343 u. f.

3) Müller's Archiv 1841, S. 42. Das dänische Original „Anatomisk - physiologiske Undersøgelser over Salperne, Kjöbenhavn 1840. 4. Taf. 3“ stand mir leider nicht zu Gebote.

4) Kurze Notiz über allgemeine vergleichende Anatomie niederer Thiere. Müller's Archiv. 1846, S. 127.

5) Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Landgasteropoden. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. III. Bd., 1851, S. 383.

6) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, V. Bd., 1853, S. 345.

7) Würzburger Verhandlung, Bd. VIII, S. 109.

8) Kleinere Mittheilungen zur thierischen Gewebelehre; Müller's Archiv, 1854, S. 304.

9) Über *Paludina vivip.* In Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, II. Bd., 1850, S. 191.

als für wirkliche Querstreifen — den höheren Thieren analog — zu betrachten, wie dies G. Meissner ¹⁾ neuerer Zeit von den muskulösen Faserzellen im contrahirten Zustande und von Hessling ²⁾ auch von den Muskelfasern der Lamellibranchiaten zu behaupten geneigt sind.

Ich habe bereits gezeigt, dass wirkliche Querstreifen auch an den Elementen der organischen Muskeln vorkommen, wo sie ebenso wie bei den quergestreiften Muskelfasern durch die in Querreihen gelagerten *sarcous elements* in der homogenen Grundsubstanz erzeugt werden ³⁾.

In der vorliegenden Abhandlung soll nun ausführlich dargelegt werden, dass dies auch bei den Muskelfasern der Mollusken der Fall ist, und dass die Querstreifenbildung bei Letzteren durch dieselben bedingenden Momente, wie bei Wirbelthieren und Articulaten, hervorgerufen wird.

Untersucht man die Muskelfasern aus den Schliessmuskeln vollkommen ausgewachsener Anodonten (*A. cygnea*, *A. anatina*), nachdem man sie nach der oben angegebenen Methode behandelt und sorgfältig isolirt hat, bei 200maliger Vergrösserung, so überzeugt man sich bald, dass dieselben in Bezug auf ihre Dicke oder Breite, Gestalt und Beschaffenheit des contractilen Inhaltes verschieden sein können. Die Breite derselben schwankt von 0·0070 bis 0·0105 Millim., ja 0·0108 Millim. — Die Gestalt ist eine mehr minder abgeplattet cylindrische, oder auch ganz cylindrische, wie dies an Querschnitten getrockneter Muskeln, nachdem sie durch Anfeuchtung ihre ursprüngliche Gestalt wieder erlangt haben, noch leichter zu sehen ist (Taf. I, Fig. 4). Gewöhnlich aber zeigen dann die Durchschnitte einzelner Muskelfasern durch gegenseitigen Druck eine mehr weniger polygonale Gestalt.

Mehrere solche Muskelfasern, zu 12—20 und darüber, liegen neben einander und bilden primäre Bündeln, die mit einer Hülle von Binde substanz versehen sind. Diese Bündel gruppiren sich dann noch zu secundären und tertiären Bündeln, deren Hüllen wieder

¹⁾ Hente und Pfeufer's Zeitschr. für rat. Med. Reihe III, Bd. II, S. 316.

²⁾ Constatt's Jahresbericht für 1858, S. 234.

³⁾ Neue Untersuchungen über die Entwicklung u. s. w. — Separatabdruck aus dem XXXVI. Bd. der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften. 1859, S. 18 und 19.

von einer entsprechend mächtigeren Schichte von Bindesubstanz gebildet werden. Dass die primären Bündel stets eine wenn auch sehr dünne, kaum wahrnehmbare Hülle von Bindesubstanz besitzen, davon kann man sich in zweifelhaften Fällen nach Zusatz von etwas Essigsäure oder Oxalsäure vollkommen überzeugen, indem die aufquellenden Hüllen dadurch deutlicher zum Vorschein kommen und so ihre Gegenwart auch dem minder Geübten verrathen.

Was die Endigung dieser Muskelfasern, deren Länge eine sehr verschiedene sein kann, anlangt, so finde ich dass dieselben entweder allmählich verjüngt mit einer einfachen, abgerundeten Spitze enden, oder sie sind an einem Ende mehr verbreitert, oder endlich theilen sich dieselben gegen das eine Ende hin in 2—3 und mehr Zacken (Taf. I, Fig. 1 *b, b*), die nicht selten in sehr feine sehnenartige Fasern auszulaufen scheinen. Mitunter bemerkt man an diesen Muskelfasern auch einzelne seitliche Fortsätze von verschiedener Länge, die mit der Axe der Muskelfaser stets einen schiefen Winkel bilden und nicht selten sich in zwei noch kleinere knospenartige Äste theilen (Taf. I, Fig. 2).

Betrachtet man jede einzelne Muskelfaser genauer und mit stärkeren Vergrößerungen, so fallen dem Beobachter gleich ihre verschiedenen Stucturverhältnisse auf, mit welchen wir uns hier etwas mehr beschäftigen wollen.

Einige, namentlich die feinsten Muskelfasern, scheinen gar kein Sarcolemma zu besitzen, wenigstens lässt sich dieses weder durch Reagentien, noch durch Druck oder andere Hilfsmittel mit Gewissheit nachweisen. Diese Muskelfasern sind gewöhnlich einfach, nie getheilt, verlaufen oft sanft gebogen und geschwungen und zeigen meist ein gleichmässiges glänzendes homogenes Ansehen. Ihr Inhalt lässt aber bei sehr starker Vergrößerung und günstiger Beleuchtung dicht neben einander liegende starklichtbrechende Pünktchen oder sehr kleine Körnchen erkennen (wahrscheinlich sehr kleine Disdiaklastengruppen), da und dort sieht man auch Kerne, meist ovale, mit einem Kernkörperchen durchscheinen, gewöhnlich jedoch zeigen sich diese erst nach Zusatz von Essigsäure deutlicher.

Ausser diesen Muskelfasern gibt es innerhalb desselben Bündels auch solche, die neben grösserer Breite, deutlicherem Sarcolemma, auch ganz deutliche Querstreifung zeigen. Schon bei einer 200maligen Vergrößerung (eines Powell und Lalande'schen Mikro-

skopes) war ich im Stande diese den quergestreiften Muskelfasern höherer Thiere ganz analoge Muskelemente zu erkennen (Taf. I, Fig. 1 *a, b, b*). Bei 360—525maliger Vergrößerung konnte ich (wie auch Prof. E. Brücke, dem ich die Präparate vorlegte) die volle Überzeugung gewinnen, dass die Querstreifen durch parallele Querreihen von *sarcous elements* erzeugt werden, und dass hier von einem Irrthume oder einer etwaigen Verwechslung derselben mit Runzelungen der Oberfläche durchaus keine Rede sein kann. Es kommen zwar bei Muskelfasern der Mollusken nicht selten Faltungen oder Runzelungen vor, so dass die Muskelfaser dann das Bild eines zickzackförmig gefalteten Bandes oder eine Reihe von wellenförmig verlaufenden Bergen und Thälern auf der Oberfläche zeigt. Diese Bilder jedoch sind von den eben genannten echten Querstreifen nicht schwer zu unterscheiden.

Auf Tafel I, Fig. 2 *A*, ist eine quergestreifte Muskelfaser aus dem Schalenschliesser der *Anodonta* bei 360maliger Vergrößerung abgebildet. Die contractile Substanz sieht man hier zusammengesetzt aus den geförmten runden *sarcous elements* und der homogenen Grundsubstanz, in welcher erstere eingebettet sind. Die *sarcous elements* erscheinen in regelmässigen, parallelen und zur Längsaxe der Muskelfaser senkrechten Reihen neben einander gelagert, mit deutlichen Contouren begrenzt und durch Zwischenräume von homogener Substanz von einander getrennt. Diese sind nach der Länge der Muskelfaser meist breiter als nach der Quere, doch können nach dem verschiedenen Zustande oder Grade der Contraction, in welchem sich die Muskelfaser im Augenblicke des Absterbens befand, in dieser Beziehung sehr grosse Verschiedenheiten obwalten.

Von der Richtigkeit dieser Erscheinung überzeugt man sich noch mehr bei 525maliger Vergrößerung und guter Beleuchtung, wo dann die ganz deutlich contourirten *sarcous elements* durch homogene Zwischenräume von einander getrennt erscheinen (Fig. 2 *B*).

Nicht immer jedoch lassen sich die einzelnen *sarcous elements* so deutlich zur Anschauung bringen, denn sehr häufig sind die seitlichen Zwischenräume so schmal, dass sich die *sarcous elements* nach der Quere einander zu berühren scheinen.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der zweierlei Substanzen anlangend, stimmen diese mit den bei höheren Thieren

bereits von Prof. E. Brücke ¹⁾ und mir ²⁾ beobachteten vollkommen überein. Die *sarcous elements* erscheinen nämlich stark lichtbrechend und von gelblicher Färbung, während die Zwischensubstanz nur wenig lichtbrechend und farblos oder schwach grauweiss ist. Überdies besitzen erstere eine doppeltbrechende Eigenschaft, die homogene Grundsubstanz aber ist stets isotrop oder einfachlichtbrechend, wie dies von Prof. E. Brücke zuerst an den Muskelfasern der Articulaten und Wirbelthiere nachgewiesen wurde.

Wendet man zur Untersuchung dieser optischen Verhältnisse bei den Muskelfasern der *Anodonta* polarisirtes Licht an, so zeigen sich bei gekreuzter Stellung der Polarisations Ebenen zweier Nicols abwechselnd lichte und dunkle Streifen; erstere entsprechen den doppeltbrechenden *sarcous elements*, letztere der homogenen Zwischensubstanz, welche als einfach lichtbrechend hier dunkel erscheinen muss im dunkeln Sehfelde.

Aus dem charakteristischen optischen Verhalten dieser Muskelfasern liess sich ferner annehmen, dass dieselben im farbigen polarisirten Lichte ähnliche, aber durch die Verschiedenheit der Farben viel schönere und deutlicher wahrzunehmende Erscheinungen zeigen werden. Durch die Güte meines Freundes Herrn Prof. J. Czermak wurde ich in die Lage versetzt zu diesem Zwecke ein dem Pester physiologischen Institute gehöriges Mikroskop von Smith und Beck mit zwei Nicols und einem Selenitplättchen ³⁾ benutzen zu können. Nachdem ich nun das Selenitplättchen unter die Objectplatte geschoben hatte, konnte ich mit Leichtigkeit wahrnehmen, wie die einzelnen anisotropen *sarcous elements* bei gekreuzten Prismen blau gefärbt erschienen, während die isotrope Zwischensubstanz die durch das Selenitplättchen erzeugte purpurrothe Farbe des Sehfeldes hatte.

Diese interessante Erscheinung stimmte übrigens vollkommen mit der von Prof. E. Brücke an Muskelfasern von Insecten, Schlangen, Eidechsen und Menschen zuerst entdeckten und beschriebenen

¹⁾ Untersuchungen über den Bau der Muskelfasern mit Hilfe des polarisirten Lichtes. Mit 2 Tafeln. Wien 1858. — Separatabdruck aus dem XV. Bde. der Denkschriften der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften.

²⁾ Neue Untersuchungen über die Entwicklung u. s. w. Separatabdruck aus dem XXXVI. Bd. der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften, 1859.

³⁾ Plättchen aus Gypspath.

überein. Das auf obige Weise erhaltene Bild schien mir ganz ähnlich der von Prof. E. Brücke (a. a. O. Taf. I, Fig. 1) gegebenen farbigen Abbildung der Muskelfasern von *Hydrophilus piceus*, nur dass die *sarcous elements* in der Muskelfaser der *Anodonta* sich als gleichmässig runde kleine Körperchen darboten. Aus dem Grunde hielt ich es auch nicht für nöthig dieselben in einem besonderen farbigen Bilde darstellen zu lassen.

Ich muss hier noch eines Umstandes gedenken, der zur näheren Kenntniss der feineren Structurverhältnisse der Muskelfasern nicht wenig beitragen dürfte. Nicht selten finden sich bei *Anodonta* Muskelfasern, die bei 200maliger Vergrösserung stellenweise nur quergestreift erscheinen, während der übrige Theil ganz homogen zu sein scheint. Betrachtet man jedoch solche Muskelfasern bei stärkeren Vergrösserungen (525mal und darüber), so lassen sich an den quergestreiften Stellen regelmässig in Querreihen an einander gelagerte *sarcous elements* erkennen, während an den früher homogen erscheinenden Stellen der Muskelfaser nun sehr kleine stark lichtbrechende Körnchen mehr zerstreut und ohne besonderer Ordnung in der homogenen Grundsubstanz wahrgenommen werden. Taf. I, Fig. 3 gibt die Abbildung einer solchen Muskelfaser bei 525maliger Vergrösserung; bei *a* sind die *sarcous elements* grösser und in parallelen Querreihen an einander gelagert, bei *b* sieht man die ganz kleinen Körperchen dicht neben einander und ohne besonderer Ordnung in der homogenen Grundsubstanz; *a* entspricht der bei schwacher Vergrösserung quergestreiften und *b* der homogen erscheinenden Stelle. Die kleinen Körperchen (bei *b*) sind überdies in Äther vollkommen unlöslich und verhalten sich auch sonst ganz ähnlich den grösseren *sarcous elements* (*a*), so dass sie wohl auch hinsichtlich ihrer physiologischen Bedeutung mit einander übereinstimmen dürften.

Alles dies zusammengenommen spricht aber offenbar für die Richtigkeit der von Prof. E. Brücke ¹⁾ zuerst ausgesprochenen und von mir ²⁾ bereits auf histogenetischem Wege bestätigten und adoptirten Ansicht, der zufolge die einzelnen *sarcous elements* nicht selbst einfache Körperchen von bestimmter Grösse und Gestalt, sondern

¹⁾ A. a. O. S. 16.

²⁾ A. a. O. S. 15.

Gruppen sehr kleiner doppeltbrechender Molecule (Disdiaklasten) repräsentiren. In *a* (Fig. 3) hätten wir demnach grössere und regelmässig an einander gelagerte, in *b* wahrscheinlich kleinere und in der homogenen Grundsubstanz zerstreut liegende Disdiaklastengruppen.

Endlich muss ich hier noch erwähnen, dass ich zu meinen Untersuchungen auch Querschnitte benutzte, die ich mir aus dem vorher getrockneten Schliessmuskel verfertigte. Ich habe in meiner für die Denkschriften der kais. Akademie der Wissenschaften bestimmten Abhandlung ¹⁾ alle jene Schwierigkeiten, denen die Untersuchung der Muskelfasern an Querschnitten unterliegt, anzugeben versucht, und will hier jenen wichtigen Moment nochmals hervorheben, der wohl die Hauptursache sein mag, wesshalb an Querschnitten die Umriss der einzelnen *sarcous elements* nie so deutlich erscheinen als bei seitlicher Lage der Muskelfasern. Es ist nämlich das von Prof. E. Brücke ²⁾ angegebene Verhalten der *sarcous elements*, wonach diese, bei parallel zu ihrer Axe durchgehenden Lichtstrahlen keine Spur von doppelter Brechung zeigen, indem diese Axe zugleich die optische Axe der doppeltbrechenden positiv einaxigen *sarcous elements* ist. Auf diese Weise ist es erklärlich, wie dieselben *sarcous elements*, die bei mehr minder senkrecht zur Axe durchfallendem Lichte sich durch ihre doppelt lichtbrechende Eigenschaft so sehr auszeichnen, an Querschnitten diese Eigenschaft zum Theile oder auch ganz einbüßen, wodurch eben optisch die Unterscheidung derselben von den homogenen einfach lichtbrechenden Grundsubstanz eine sehr schwierige werden kann.

Berücksichtigt man nun diese Eigenschaft der doppeltbrechenden *sarcous elements*, so darf es wohl nicht befremden, wenn an Querschnitten die Umriss der *sarcous elements* sich nicht so deutlich hervorheben, oder wenn diese in manchen Fällen auch gänzlich vermisst werden. Nichts desto weniger gelang es mir an einigen gut gelungenen Querschnitten die *sarcous elements* selbst zur Anschauung zu bringen (Taf. I, Fig. 4 *a*).

¹⁾ Neue Untersuchungen über die Entwicklung, das Wachsthum, die Neubildung und den feineren Bau der Muskelfasern, von Dr. T. Margo, mit V Tafeln, welche demnächst im Drucke erscheinen dürften.

²⁾ A. u. O. S. 4.

Ich überzeugte mich ferner, dass durch Zusatz von dil. Oxalsäure oder Essigsäure gewöhnlich die Umrisse der *sarcous elements* selbst an solchen Querschnitten deutlicher erscheinen, die vorher ein ganz homogenes Aussehen hatten. Dieses lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass durch genannte Säuren ein Aufquellen der Muskelsubstanz und dadurch eine Vergrösserung der Querschnittsfläche, dann auch eine Auflösung der homogenen, vorher geronnenen Grundsubstanz der todtstarren Muskelfaser bewirkt wird, wodurch die einzelnen dicht neben einander liegenden und den Säuren mehr widerstehenden *sarcous elements* sich in dem verflüssigten homogenen Inhalte mehr von einander entfernen und wohl auch ihre ursprüngliche Lage und Stellung ihrer optischen Axe ändern. War demnach die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen vorher eine zur optischen Axe parallele, so müssen bei veränderter Stellung der letzteren die Lichtstrahlen unter einem grösseren oder kleineren Winkel zur Axe die *sarcous elements* durchwandeln und letztere so durch ihre doppeltbrechende Eigenschaft deutlicher sichtbar werden.

Die Muskelfasern aus dem Fusse der *Anodonta* stimmen in Betreff ihres Aussehens mit den eben beschriebenen Elementen der Schliessmuskeln überein, mit dem Unterschiede, dass dieselben einen noch mehr geschwungenen und gebogenen Verlauf haben, häufiger Theilungen darbieten und wohl auch mit einander anastomosiren.

Die der Herzwandung entnommenen Muskelelemente hingegen hatten mehr das Aussehen von muskulösen Faserzellen, die mit ihren Spitzen schief über einander gelagert, kleinere durch Bindesubstanz und elastische Fasern netzförmig mit einander verbundene Bündelchen bilden. Im Innern dieser Faserzellen lässt sich nicht selten ein rundlich-ovaler Kern mit einem Kernkörperchen erkennen. Ihr Inhalt besteht aus kleinen Körnchen, die den *sarcous elements* der übrigen Muskelfasern entsprechen, wofür theils die physikalischen und chemischen Eigenschaften derselben, theils ihre bei vielen Faserzellen ganz regelmässige Lagerung in parallelen Querreihen (wodurch dann eine Querstreifung entsteht) zu sprechen scheinen.

Von den Cephalopoden hatte ich Gelegenheit die Musculatur des *Octopus* näher zu untersuchen. Die Elemente derselben

sind Muskelfasern von verschiedener Dicke und verschiedenem Aussehen. Die feineren Muskelfasern haben eine Dicke von 0·0035 bis 0·0062 Millim. und erscheinen, entweder ganz homogen (zumeist die feinsten), stark lichtbrechend und von gelblicher Farbe, oder es ist längs der Axe derselben ein mit farbloser homogener und wenig lichtbrechender Substanz ausgefüllter Hohlraum zu unterscheiden, der rings herum mit einer peripheren dünnen Schichte von stark lichtbrechender, gelblicher contractiler Substanz begrenzt wird (Rindensubstanz). Im centralen Hohlraume dieser Muskelfasern finden sich überdies nicht selten da und dort einzelne zurückgebliebene Kernbläschen in dem sonst ganz homogenen Inhalte; während in der peripheren Schichte sich selbst durch die stärksten Vergrößerungen keine Sonderung in *sarcous elements* erkennen lässt, obschon sie sich durch ihre gelbliche Farbe und starkes Lichtbrechungsvermögen von dem übrigen Inhalte besonders auszeichnet.

Ausser diesen dünneren Muskelfasern gibt es aber auch dickere, von 0·0080—0·0110 Millim. im Durchmesser. An diesen lässt sich ein Sarcolemma mit Sicherheit nachweisen und der contractile Inhalt zeigt im Ganzen zweierlei Aggregationsweisen: entweder besteht derselbe durch die ganze Breite der Muskelfaser aus deutlich wahrnehmbaren *sarcous elements*, die in regelmässigen, senkrecht oder schief zur Axe stehenden Reihen in der homogenen einfach lichtbrechenden Grundsubstanz eingebettet sind (Taf. II, Fig. 7 a); oder es erscheint im Inhalte der Muskelfaser eine Sonderung in die sogenannte Rinden- und Axen- (oder Mark-) Substanz, wie sie Leydig ¹⁾ an der Muskelfaser der *Sepiola* und *Loligo* beschrieben hat. Hinsichtlich der Beschaffenheit der Rindensubstanz stimme ich jedoch mit der Aussage dieses Autors, der die Rindensubstanz „stets homogen“ und nur die Marksubstanz körnig sah, nicht überein. Schon bei einer 360maligen, noch deutlicher aber bei 525maliger Vergrößerung sehe ich die Rindensubstanz quergestreift, und die Querstreifen (die nicht selten etwas schief zur Axe der Muskelfaser verlaufen) bedingt durch wahre *sarcous elements*, welche in der homogenen Grundsubstanz dicht an einander gelagert sind (Taf. II, Fig. 7 b, b).

Was die Axensubstanz anbelangt, so erscheint mir diese als ein von der Rindensubstanz rings herum begrenzter Hohlraum, der

¹⁾ Müller's Archiv 1854, S. 303.

meist der ganzen Länge nach im Innern der Muskelfaser verläuft und gewöhnlich $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{4}$ ihrer Breite ausmacht, mitunter aber stellenweise durch die bis zur Axe sich erstreckende Rindenschicht unterbrochen wird. Der Hohlraum enthält eine homogene Substanz und kleine runde Körnchen, die darin in grösserer oder geringerer Entfernung von einander theils in regelmässigen Querreihen geordnet, theils zerstreut und ohne besonderer Ordnung liegen (Taf. II, Fig. 7 *b, b.*) Da und dort bemerkt man im Hohlraume auch kernartige Gebilde mit einem Kernkörperchen in ihrem Innern.

Untersucht man diese Muskelfasern mit Hilfe des farbigen polarisirten Lichtes nach der oben angegebenen Methode, so bemerkt man an günstigen Stellen bei gekreuzten Prismen, nicht nur die dicht an einander gelagerten Fleischkörnchen in der Rindenschicht, sondern auch die Körnchen der Ausfüllsubstanz längs der Axe in einer andern Farbe als die homogene Zwischensubstanz, diese aber erscheint stets in der Farbe des Sefeldes.

Von Gasteropoden untersuchte ich die Muskel von *Aplysia*, *Murex* und einigen Helicinen.

Die Muskelfasern aus dem Mantel der *Aplysia* (*A. depilans*) schliessen sich in Betreff ihres Baues denen der Cephalopoden am meisten an. Auch hier gibt es dünnere, 0·0024 — 0·0040 Millim. breite, fast ganz homogen aussehende Muskelfasern, und dickere, 0·0050 — 0·0082 Millim. breite, mit einer deutlichen Sonderung in Rinden- und Marksubstanz. Erstere (Rindensubstanz) ist häufig feinpunktirt oder granulirt, mitunter auch längsgestreift, seltener ganz homogen. Letztere (Marksubstanz) zeigt in Querreihen gelagerte, oder zerstreut liegende, glänzende Körnchen längs der Axe (Taf. II, Fig. 9 *a*). Bei vielen lässt sich ein deutliches zartes Sarcolemma erkennen; was besonders dann gelingt, wenn sich dasselbe in Gestalt eines zarten Saumes um den contractilen gelblichen Inhalt abgehoben hat. Manche der dickeren Muskelfasern sieht man mit kegelförmig abgerundeten oder zackigen Spitzen in eine Sehne übergehen, und es fehlen auch solche Bilder nicht, wo ein und dasselbe Sehnenband, das bei starker Vergrösserung sich wie ein Bündel feiner Bindegewebsfibrillen ausnahm, an seinen beiden Enden

unmittelbar in das Sarcolemma zweier Muskelfasern überzugehen schien (Taf. II, Fig. 9 *c, d, d*).

Die Muskelfasern der Helicinen (vom Mantel, Fuss, Herz u. s. w.) sind bereits von C. Gegenbauer ¹⁾ genau beschrieben worden. Es sind nämlich meist dünnere und dickere Cylinder, die oft mehr weniger abgeplattet aussehen und einen geschwungenen Verlauf haben. Die dünneren sind 0·0016 — 0·0042 Millim. breit, gelblich glänzend und ganz homogen, die dickeren 0·0050 bis 0·0080 Millim., deren contractiler Inhalt in der Regel aus feinkörniger gelblicher, stark lichtbrechender Substanz besteht. Die Körnchen dieser Substanz stehen so dicht neben einander, dass man ihre Umrisse nicht deutlich unterscheiden kann. An einigen Muskelfasern lässt sich eine Querstreifenbildung wahrnehmen, wie sie bereits C. Gegenbauer constant an den Muskelfasern des *M. retractor oculi* bei verschiedenen Helicinen und *Limax*, F. Leydig ²⁾ im Schlundkopfe und im Herzen der *Paludina vivipara* beobachtet hatten. Doch muss ich hier gleich erwähnen, dass meine an Helicinen gemachte Beobachtungen mit den Angaben des letzteren Forschers nicht ganz übereinstimmen. Dieser unterscheidet nämlich bei *Paludina vivipara* Muskelfasern mit einer hellen, homogenen Rindensubstanz und einem feinkörnigen Inhalt (a. a. O. Taf. XII, Fig. 43 und Fig. 44). Ich habe an dickeren Muskelfasern der Helicinen (*Helix nemoralis*, *H. ericetorum*, *H. pomatia*) höchst selten einen Unterschied zwischen Rinden- und Axensubstanz gefunden. Der Inhalt derselben erscheint vielmehr durch die ganze Dicke der Muskelfaser als eine feinkörnige gelbliche, stark lichtbrechende Substanz. Stellenweise und nur bei starken Vergrößerungen lassen sich die Umrisse dieser feinen Körnchen aus dem Inhalte erkennen, und können, wiewohl seltener, in Querreihen dicht an einander gelagert, selbst eine Querstreifenbildung erzeugen. Am häufigsten jedoch findet man diese Körnchen oder *sarcous elements* ohne besonderer Ordnung und so dicht an einander, dass der ganze Inhalt als eine

¹⁾ Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Landgasteropoden; in Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie, III. Bd., 1851, S. 383.

²⁾ Über *Paludina vivipara*. Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. II. Bd., 1850, S. 152 und 191. — Taf. XII, Fig. 1 und 2 *b, b*.

feinkörnige, oder homogene stark lichtbrechende Masse erscheint (Taf. II, Fig. 10 a).

Bei *Murex* sind die Muskelfasern den eben beschriebenen sehr ähnlich, auch ihre Dicke scheint nicht sehr abweichend von der der *Helicinen*. Nur das scheint bemerkenswerth, dass hier die Bildung eines Hohlraumes längs der Axe vieler Muskelfasern häufiger vorkommt als bei *Helicinen*.

II. Bildung und Wachsthum der Muskelfasern.

Untersucht man die ersten Anlagen der Schalenschliesser bei 0·3 — 0·5 Millim. grossen Jungen von *Anodonta*, die man aus den Kiemen des Mutterthiers herausgenommen und lebend in Weingeist ertränkt hatte, nach der oben angegebenen Weise, so bemerkt man, dass die noch ganz kleinen gelblichen Muskelmassen aus lauter an einander gelagerten, noch leicht insolirbaren rundlichen, oder länglichen, cylindrischen, spindelförmigen oder rhombischen Zellen bestehen. Die rundlichen Zellen messen 0·008 — 0·010 Millim. im Durchmesser; die länglichen sind 0·0100 — 0·0170 Millim. lang, und in der Mitte gewöhnlich 0·0050 — 0·0080 Millim. breit. Dieselben bergen in ihrem Innern meist einen runden oder elliptischen Kern, der aber in dem stark lichtbrechenden Inhalt nicht so leicht wahrzunehmen ist.

Wenn man mit Hilfe der Nadeln die embryonalen Muskelmassen möglichst fein zerzupft, so begegnet man immer noch solchen Zellen, die reihenweise an einander gelagert, sich mit ihren Spitzen gegenseitig berühren und nach Art der Faserzellen mit einander zusammenhängen.

Bei weiter fortgeschrittener Entwicklung sehen diese Elemente mehr verlängert aus, und verschmelzen hie und da allmählich mit einander, so dass später an der früheren Berührungsstelle zweier Zellenspitzen die Verschmelzung kaum durch die Spur einer Einschnürung angedeutet wird.

Bei 2—5 Centimeter langen *Anodonten* war es mir möglich, nicht nur das Wachsthum durch Anfügung von neuen Zellen, die sich durch Theilung vermehrten, sondern auch die Bildung von ganz neuen Muskelfasern, zwischen den schon gebildeten, auf dieselbe Weise zu constatiren.

Dieser Bildungsmodus stimmt mit dem von mir an Insecten, Crustaceen, Wirbelthieren und Menschen bereits beobachteten vollkommen überein¹⁾.

Taf. I, Fig. 5, stellt einige Muskelbündeln vom Schalenschliesser einer noch im Wachsthum begriffenen *Anodonta cygnea* bei 200maliger Vergrößerung dar. Bei *a, a, a, a* sieht man einzelne mehr isolirte Sarcoplasten; *b* ein Sarcoplast am Ende einer in die Länge wachsenden Muskelfaser; bei *c* bemerkt man ganze Reihen von neben und über einander gelagerten Sarcoplasten, die durch die Präparation theilweise aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht worden sind; *d* fertige Muskelfaser mit sich bildenden seitlichen Fortsätzen oder Ästen aus Sarcoplasten.

Bei stärkerer Vergrößerung lässt sich der Inhalt der Sarcoplasten etwas genauer studiren. Die jüngsten, kleinsten, zellenförmigen Sarcoplasten unterscheiden sich bald von den übrigen Zellen durch ihren glänzenden Kern, so wie durch den stark lichtbrechenden, gelblichen Inhalt, der bei schwacher Vergrößerung homogen aussieht, bei einer 525maligen Vergrößerung aber im Innern einzelne runde, lichtbrechende Körnchen (*sarcous elements*) in der Nähe der Wandung erkennen lässt (Taf. II, Fig. 6 *a, b*). Die grösseren, reiferen Sarcoplasten sind entweder spindel- und rhombenförmig, oder auch Cylindern mit abgerundeten Spitzen ähnlich, und enthalten in ihrem sonst homogenen Inhalte eine grössere Anzahl von stark lichtbrechenden Körnchen (Taf. II, Fig. 6 *c, g, f*). Auch hier begegnet man oft Sarcoplasten mit einem oder zwei bläschenförmigen Kernen, doch gibt es auch solche, denen der Kern zu fehlen scheint. Der contractile Inhalt scheint anfangs nur auf der inneren Fläche der Zellen abgelagert, wo er eine mehr oder weniger dicke Schichte, die einen centralen Hohlraum begrenzt, bilden kann (Fig. 6 *e*). Später füllt der contractile Inhalt den ganzen inneren Raum vollkommen aus, wobei auch die Zellenmembran innigst mit dem metamorphosirten Inhalte verwächst. In einigen Sarcoplasten lassen sich auch reihenweise angeordnete *sarcous elements*

¹⁾ Neue Untersuchungen über die Entwicklung, das Wachsthum, die Neubildung und den feineren Bau der Muskelfasern. Auszug in den Sitzungsberichten der mathem.-naturw. Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Bd. XXXVI, S. 219.

erkennen, wodurch eine Spur von Querstreifenbildung hervorgerufen wird (Fig. 6 k).

Ihr Verhalten gegen Reagentien ist dem der Sarcoplasten anderer Thiere ganz analog.

Die noch jungen Sarcoplasten der *Anodonta cygnea* messen 0·0080 — 0·0106 Millim., ihr Kernbläschen meist 0·0020 Millim. Was die reiferen Sarcoplasten anbelangt, so kann ihre Länge und Breite eine sehr verschiedene sein. Die Länge schwankt zwischen 0·0102 Millim. und 0·0504 Millim.; die mittlere Länge zwischen diesen zwei Extremen (0·0200 — 0·0300 Millim.) scheint jedoch am allerhäufigsten vorzukommen. Eben so finde ich das Verhältniss der Breite zur Länge als ein sehr schwankendes, nämlich wie 1:2·5, oder wie 1:4, 1:6, ja 1:8 und 1:9.

Ähnliche Erscheinungen der Entwicklung und des Wachstums der Muskelfasern habe ich auch im Mantel und den Armen des *Octopus* beobachtet; nur dass die ausgewachsenen Sarcoplasten etwas andere, den Muskelfasern dieser Thiere ganz entsprechende Structurverhältnisse darbieten. Taf. II, Fig. 8, zeigt einige in der Anbildung begriffene Muskelfasern aus dem Mantel dieses Thieres bei 360maliger Vergrösserung. Wir sehen hier die Muskelfasern zum Theile noch aus gesonderten Elementen (Sarcoplasten) bestehen (Fig. 8 b, b, c), die, reihenweise an einander gelagert, sich mit ihren Spitzen gegenseitig decken und wohl auch mit einander zu einer Muskelfaser verschmolzen sind. Zwischen diesen Elementen verlaufen feine, wahrscheinlich elastische Fasern (Fig. 8 d, d).

Wendet man eine 525malige Vergrösserung an, so erscheint der Inhalt der noch jungen Sarcoplasten stark lichtbrechend und fein punktirt. Die Punktirung wird, wie man sich bei guter Beleuchtung leicht überzeugen kann, durch stark lichtbrechende Pünktchen oder Körnchen erzeugt, die nahe der Wandung so dicht an einander gelagert sind, dass sie sich gegenseitig zu berühren scheinen (Fig. 7 c).

An den grösseren, cylindrischen oder spindelförmigen Sarcoplasten lassen sich häufig, wie bei gebildeten Muskelfasern dieser Thiere, zweierlei Schichten, eine Rinden- und eine Centralschicht deutlich erkennen (Fig. 7 d). Die Structurverhältnisse dieser zwei Schichten des Inhaltes sind denen der ausgebildeten Muskelfasern dieser Thiere ganz analog.

Auch die Grössenverhältnisse dieser Sarcoplasten fand ich denen der *Anodonta* ganz ähnlich. Die rundlichen, kleinen Sarcoplasten des *Octopus* messen nämlich 0·0080 — 0·0100 Millim. und ihr Kern meist 0·0025 — 0·0030 Millim. — Die Länge der cylindrischen oder spindelförmigen variiert zwischen 0·0105 Millim. und 0·0503 Millim., und ihr grösster Quermesser verhält sich zur Längsaxe am häufigsten wie 1 : 5.

Eben so habe ich im Mantel und im Fusse noch junger *Aplysien* zwischen den übrigen Muskelfasern an einander gereichte Sarcoplasten gefunden, und zwar in verschiedenem Grade der Verschmelzung. Die jüngeren Formen waren runde kernhaltige Zellen mit meist homogenem Inhalte, 0·0050 — 0·0080 Millim. gross; die reiferen, spindelförmigen im Mittel 0·0050 Millim. breit und 3- bis 5 mal so lang (Fig. 9 f).

Ganz ähnliche Verhältnisse zeigen die Sarcoplasten der von mir untersuchten anderen Gasteropoden, namentlich die von *Murex* und einigen *Helicinen* (Fig. 10 c, e).

Mit diesen an *Acephalen* und *Cephalophoren* von mir gewonnenen Resultaten lassen sich die von C. Gegenbauer an *Helicinen*, von F. Leydig an *Paludina*, von Lacaze-Duthiers bei *Dentalium* gemachten Beobachtungen über die Entwicklung der Muskelfasern ziemlich leicht in Einklang bringen.

C. Gegenbauer¹⁾ sah die erste Anbildung der Muskeln aus Bündeln von reihenweise hinter einander gelagerten elliptischen Zellen bestehen; die von ihm gegebene Schilderung der weiteren Metamorphosen, so wie der später eintretenden Verschmelzung dieser Zellen zu einer ganzen Muskelfaser trifft mit der meinigen ziemlich zusammen. Nur darin weichen meine Beobachtungen von den seinigen ab, dass ich bei *Helicinen* so wie bei allen anderen von mir bis jetzt untersuchten Thieren die an einander gereichten Sarcoplasten constant mit ihren Spitzen sich decken sah, und nicht so wie Gegenbauer (a. a. O. Taf. X, Fig. 4 a) dieselben abbildet. Wahrscheinlich ist es ferner, dass das Sarclemma, eben so wie bei den Muskelfasern anderer Thiere nicht der Verschmelzung von Zellenmembranen

¹⁾ Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Landgasteropoden. Zeitschrift für wiss. Zoologie. III. Bd., S. 383.

ihr Dasein verdanke, sondern sich aus der Bindesubstanz in Gestalt eines elastischen Begrenzungshäutchens heranbilde ¹⁾).

Auch Leydig ²⁾ lässt die Muskelfasern der *Paludina* aus der Verschmelzung einer Reihe von Zellen hervorgehen.

H. L a c a z e - D u t h i e r s ³⁾ hat ebenfalls die Bildung der Muskelfasern bei Jungen von *Dentalium* aus rosenkranzartig (*disposés en chapelet*) an einander gereihten Zellen (*globules microscopiques*) beobachtet.

Kölliker ⁴⁾ hingegen betrachtet die Muskelemente der Mollusken (Cephalopoden, Pulmonaten, Acephalen) als Faserzellen, deren Länge und Breite bald wenig, bald bedeutend variiren soll, und glaubt dass auch die Muskelfasern der Articulaten und Wirbelthiere nichts als kolossale Faserzellen seien ⁵⁾. Es ist allerdings eine Thatsache, die sich nicht leugnen lässt, dass bei Embryonen, und zum Theile auch bei jungen Mollusken die Muskeln aus Faserzellen ähnlichen Gebilden oder Sarcoplasten bestehen, doch ist als eben so sicher und erwiesen anzunehmen, dass die anfangs neben und hinter einander gelagerten Sarcoplasten später an vielen Stellen des Körpers mit einander zu grösseren Complexen verwachsen, und von einer homogenen oder fibrillären elastischen Hülle umschlossen, die Muskelfasern bilden, wie solche in den Schliessmuskeln, im Mantel und im Fusse der Acephalen, Gasteropoden, so wie im Mantel und den Armen der Cephalopoden von mir und Anderen beobachtet wurde.

An anderen Stellen hingegen, wie z. B. im Herzen der Mollusken, verbleiben die Sarcoplasten Zeitlebens als vollkommen von einander getrennte Elemente, in welchem Falle sie dann mit den musculösen Faserzellen höherer Thiere allerdings übereinstimmen.

1) Siehe meine Abhandlung: Neue Untersuchungen über die Entwicklung, das Wachstum u. s. w. im XXXVI. Bde. der Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften.

2) A. a. O. S. 192.

3) Histoire de l'organisation et du développement du Dentale. Annales des sciences naturelles. T. VII. Nr. 4. 1854. p. 232 u. f.

4) Grosse Verbreitung contractiler Faserzellen bei Wirbellosen. Würzburg. Verhandlung. Bd. VIII, S. 109.

5) Kölliker's Handbuch der Gewebelehre. 3. Aufl. S. 200; ebenso Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie, Bd. IX, S. 139.

S c h l u s s .

Wenn wir die Resultate unserer Beobachtungen zusammenfassen, so erhellt aus Obigem:

1. Dass bei Mollusken zwischen den anderen Muskelfasern auch wirklich quergestreifte vorkommen, und dass

2. die Bildung der Querstreifen hier eben so wie bei höheren Thieren durch die doppelbrechenden *sarcous elements*, welche in regelmässigen Reihen oder Schichten parallel neben einander in der homogenen einfach brechenden Grundsubstanz gelagert sind, bedingt wird;

3. die *sarcous elements* sind (hier wie überall) nicht feste Körperchen oder Bläschen von constanter Grösse und Gestalt, sondern dieselben werden durch Gruppen oder Häufchen sehr kleiner doppelbrechender Molekeln (Disdiaklasten) gebildet.

4. Brücke's Theorie über den Bau der Muskelfasern kann auch für die Muskelfasern der Mollusken als die einzig richtige betrachtet werden. Demnach beruht das verschiedene Ansehen derselben blos auf die verschiedene Art der Vertheilung der Disdiaklasten (je nachdem diese entweder gleichmässig vertheilt, oder in Häufchen von verschiedener Grösse, Gestalt, und in grösserer oder geringerer Entfernung gruppirt, in regelmässigen Reihen und Schichten, oder zerstreut und ohne besonderer Ordnung in der homogenen isotropen Grundsubstanz liegen).

5. Die Fleischsubstanz ist auch bei Mollusken das Product der Sarcoplasten, aus welchen die embryonalen Muskelfasern anfangs ganz allein bestehen.

6. Bei erwachsenen Thieren sind die Sarcoplasten entweder vollkommen mit einander verschmolzen zu einem grösseren Ganzen (Muskelfasern des Schalenschliessers, des Mantels, des Fusses u. s. w.), oder sie bleiben Zeitlebens als getrennte Elemente zurück (Herz, Darm).

7. Das Wachsthum der Muskelfasern geschieht durch Anfügung von neuen Sarcoplasten, welche sich wahrscheinlich durch Theilung vermehren.

Schliesslich erlaube ich mir noch einige die Muskelfasern betreffende allgemeine Betrachtungen hier folgen zu lassen.

Bekanntlich hat Kölliker in neuester Zeit den Versuch gemacht, auf Grundlage seiner Beobachtungen und nach dem Vorgange Lebert's und Remak's, alle Muskelfasern, die schlichten sowohl wie die gestreiften, auf den einfachen Typus der Faserzelle zurückzuführen, indem er die quergestreifte Muskelfaser der Wirbelthiere und Articulaten für ungemein verlängerte Faserzellen betrachtet, deren Zellenmembran zum Sarcolemma und der Inhalt quergestreift wird.

Abgesehen davon, dass es *a priori* nicht sehr wahrscheinlich ist, dass thierische Zellen von solcher physiologischen Dignität, wie es die Muskelzellen sind, zu so riesigen Dimensionen anwachsen können, haben wir, wie dies Eingangs bereits erwähnt wurde, durch zahlreiche vergleichende Beobachtungen an verschiedenen Thieren gezeigt, dass die Muskelsubstanz überhaupt aus eigenthümlich umgewandelten Zellen, sogenannten Sarcoplasten entstehe, und dass die quergestreifte Muskelfaser nie durch die einfache Verlängerung einer Zelle, sondern auf ganz andere Weise gebildet wird. Während nämlich der contractile Inhalt des Sarcolemma der Verschmelzung von einfachen oder mehrfachen Sarcoplastenreihen sein Dasein verdankt, entsteht das Sarcolemma selbst aus der Bindesubstanz in Gestalt eines elastischen Begrenzungshäutchens.

Die Sarcoplasten treten in embryonalem Zustande stets als gesonderte Elemente auf, welche später, unter einander verschmolzen, die verschiedenen Arten von Muskelfasern bilden. So entstehen die einfachen nicht ramificirten Muskelfasern oder Muskeleylinder dadurch, dass mehrere in einfachen oder mehrfachen Reihen mit einander verschmolzene Sarcoplasten von einer elastischen Hülle umschlossen werden. In anderen Fällen hingegen, z. B. im Herzfleisch und in der Zunge der Wirbelthiere, im Darmcanale der Articulaten, können dieselben mit ihren Fortsätzen verwachsend, baumförmig ramificirte, oder anastomosirende und netzförmig verbundene Muskelfasern bilden; in einigen Organen höherer Thiere wieder, wie im Darmcanal in der Harnblase, in den Gefässwandungen und Geschlechtsapparaten, bleiben sie Zeitlebens von einander getrennt und erscheinen mit ihrem mehr weniger umgewandelten oder auch geschwundenen Kern als sogenannte contractile Faserzellen. Dies scheint auch bei

vielen niederen Thieren, z. B. im Herzen der Mollusken, im Darmcanal mancher Crustaceen (*Branchipus*, *Estheria*) stattzufinden, wo die Musculatur ebenfalls aus selbstständig gebliebenen, mehr weniger quergestreiften Sarcoplasten besteht.

Was die feineren Structurverhältnisse der Muskelsubstanz anbelangt, so ist diese stets aus zweierlei, physikalisch, chemisch und wahrscheinlich auch physiologisch verschiedenen Stoffen zusammengesetzt. Der eine von diesen besteht auch im lebenden, contractionsfähigen Muskel aus kleinen, geformten, festen oder festweichen, doppeltbrechenden, durch den Muskelfarbstoff eigenthümlich gefärbten Molekeln (Disdiaklasten), der andere ist eine ganz farblose, homogene, einfach lichtbrechende und im Leben flüssige, gerinnbare Substanz¹⁾, in welcher die ersteren durch ihre verschiedenartige Vertheilung, Gruppierung, Anordnung und Menge das so verschiedene Ansehen der Muskelemente bedingen. Von diesem Gesichtspunkte aus lässt sich auch der eigenthümliche Aggregatzustand der lebenden Muskelsubstanz erklären.

Wir haben bereits in einer früheren Abhandlung gezeigt, dass auch bei Wirbelthieren an sogenannten musculösen Faserzellen wirkliche Querstreifenbildungen vorkommen können, welche Thatsache allerdings nicht so vereinzelt steht, wenn man in Erwägung nimmt, dass schon andere Beobachter den Faserzellen ähnliche quergestreifte musculöse Gebilde beschrieben haben, so z. B. Reichert im Darne und Magen von *Cyprinus tinca*, und im Darmcanale der Articulaten, Leydig in *Bulbus arteriosus* des Landsalamanders, Purkinje, Kölliker und von Hessling im Herzen der Wiederkäuer unter dem *Endocardium* u. s. w. — Die Sarcoplasten der höheren Thiere stimmen jedoch vor ihrer Verschmelzung, sowohl hinsichtlich ihrer Gestalt als auch ihrer übrigen Eigenschaften, mit den hier angeführten musculösen Elementen vollkommen überein. — Es müssen daher die Sarcoplasten als die gemeinschaftlichen Ausgangspunkte für die verschiedenen Muskelemente betrachtet werden, so dass schliesslich auf histogenetischem Wege folgende natürliche Classification des Muskelgewebes sich ergibt:

¹⁾ Siehe Dr. W. Kühne: Über die gerinnbare Substanz der Muskeln. Auszug aus dem Monatsberichte der k. Akademie der Wiss. zu Berlin. Sitzung der physik.-mathem. Classe. 4. Juli 1859. S. 493.

- A. Einfaches Muskelgewebe, aus selbstständig gebliebenen Sarcoplasten bestehend. Hierher gehören die muskulösen Faserzellen in den organischen Muskeln der höheren Thiere, die Muskelzellen im Darne einiger Articulaten, im Herzen und im Darne der Mollusken u. s. w.
- B. Zusammengesetztes Muskelgewebe, aus mit einander verschmolzenen und von einer gemeinschaftlichen elastischen Hülle (Sarcolemma) begrenzten Sarcoplasten, sogenannten Muskelcylindern.
1. Einfache, nicht verästelte Muskelcylinder,
 - a) dünnere, aus einfachen Reihen von Sarcoplasten;
 - b) dickere, aus mehrfachen Reihen entstanden und mit mehreren Kernen im Innern des Querschnitts.
 2. Verästelte und netzförmig verbundene Muskelcylinder.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

(Fig. 1—5 Muskelfasern aus dem Schliessmuskel der *Anodonta*.)

- Fig. 1. Ein Bündel von Muskelfasern bei 200maliger Vergrößerung.
- a) Dickere Muskelfaser mit wahren Querstreifen.
 - b, b) Zwei eben solche quergestreifte Muskelfasern mit 2—3 zackenförmigen Fortsätzen an einem Ende derselben.
 - c) Dünnere, mehr homogene Muskelfasern.
- Fig. 2. Quergestreifte Muskelfaser mit seitlichem Fortsatze aus dem Schliessmuskel der *Anodonta*, bei stärkerer Vergrößerung.
- A. 360mal vergrößert. Die Querstreifung wird durch kleine, kugelförmige, gelbliche, doppeltbrechende Körperchen (*sarcous elements*) erzeugt, welche in parallelen und zur Axe der Muskelfaser senkrechten Reihen in der übrigens homogenen, farblosen, einfachbrechenden Grundsubstanz dicht neben einander gelagert sind; auch in dem seitlichen, dichotomisch sich theilenden Fortsatze der Muskelfaser sind *sarcous elements* sichtbar.
 - B. Dieselbe Muskelfaser bei 525maliger Vergrößerung.
- Fig. 3. Muskelfaser aus dem Schliessmuskel der *Anodonta*, 525mal vergrößert. — In a sind die doppeltbrechenden Molekeln — Disdiaklasten — in Gestalt von *sarcous elements* in regelmässigen Querreihen gehäuft,

wodurch dieser Theil der Muskelfaser deutlich quergestreift erscheint. In *b* sind kleinere Gruppen von Disdiaklasten im homogenen isotropen Inhalte ohne besonderer Ordnung eingebettet, was diesem Theile der Muskelfaser ein punkirtes, nicht quergestreiftes Ansehen verleiht.

Fig. 4. Querschnitt aus dem getrockneten Schliessmuskel der *Anodonta*, 360mal vergrössert.

- a) Querschnitt der Muskelfasern; die *sarcous elements* erscheinen als runde deutlich contourirte Körnchen innerhalb des Sarclemma.
- b) Primäre Muskelbündeln im Querschnitt mit einer Hülle von Binde substanz.

Fig. 5. Muskelfasern der *Anodonta* in der Entwicklung und Wachsthum begriffen, bei 200maliger Vergrösserung.

- a, a, a, a) Sarcoplasten mit einem Kernbläschen im Innern.
- b) Sarcoplast am Ende einer an Länge zunehmenden Muskelfaser.
- c) Ein Strang aus an einander gefügten Sarcoplasten, die im Begriffe sind zu Muskelfasern mit einander zu verschmelzen.
- d) Muskelfaser mit seitlich anhängenden spindelförmigen Sarcoplasten.

Tafel II.

(Fig. 6 Muskelelemente von *Anodonta*. — Fig. 7 und Fig. 8 von *Octopus vulgaris*. — Fig. 9 von *Aplysia depilans*. — Fig. 10 von *Helix ericetorum*.)

Fig. 6. Mehrere isolirte Sarcoplasten aus dem Schliessmuskel einer *Anodonta cygnea*, auf verschiedener Entwicklungsstufe; 360mal vergrössert.

- a) Rundlich-ovale, noch unreife Sarcoplasten mit deutlicher Zellmembran, zum Theil differenzirtem Inhalte und kleinem bläschenartigen Kern.
- b) Ein solcher an einem Ende in einen Fortsatz auswachsender Sarcoplast.
- c) Zu Cylinderspindeln vollkommen ausgewachsene Sarcoplasten.
- d, d) Kernbläschen im Innern der Sarcoplasten.
- e) Ein Sarcoplast mit einem centralen Hohlraum und blos auf der inneren Zellenwand abgelagerter contractiler Substanz.
- f) Zwei seitlich mit einander zum Theil schon verschmolzene Sarcoplasten.
- g) Mehrere mit einander zusammenhängende Sarcoplasten, wovon zwei mit ihren Spitzen an einander gefügt.
- h) Cylindrischer Sarcoplast mit reihenweise angeordneten *sarcous elements* im Inhalte und einer Spur von Querstreifenbildung.

Fig. 7. Muskelelemente aus dem Mantel eines jungen *Octopus vulgaris*, bei 525maliger Vergrösserung.

- a) Vollkommen entwickelte Muskelfaser, deren Inhalt durch die ganze Dicke aus homogener Grundsubstanz und darin reihenweise eingebetteten *sarcous elements* besteht; letztere sind nach

unten zu grösser und deutlicher contourirt, gegen das verjüngte Ende hin aber kleiner und dichter an einander gelagert. Die Reihen der *sarcous elements* verlaufen nicht ganz senkrecht, sondern mehr schief zur Axe der Muskelfaser, wodurch diese ein gestreiftes Ansehen hat.

- b, b)* Enden zweier dickerer, gestreifter Muskelfasern mit zweierlei Schichten des Inhaltes. In der Rindenschicht sind die kleineren *sarcous elements* reihenweise in der homogenen Grundsubstanz eingebettet, und die Markschicht erscheint als ein centraler Hohlraum, der mit homogener Substanz und zerstreuten oder reihenweise an einander gelagerten runden Körnchen ausgefüllt ist.
- c)* Junge Sarcoplasten mit Kernbläschen und bereits differenzirtem Inhalte.
- d)* Zwei ausgewachsene Sarcoplasten mit deutlicher Rinden- und Markschicht, von denen der eine im Innern ein Kernbläschen *f* birgt.

Fig. 8. In Entwicklung und Wachstum begriffene Muskelfasern von einem noch jungen *Octopus*, 360mal vergrössert.

- a)* Vollkommen gebildete Muskelfaser mit Rinden- und Markschicht.
- b, b)* Sarcoplasten am Ende der Muskelfasern.
- c)* Zwei mit einander verschmelzende Sarcoplasten.
- d, d)* Elastische Fasern, die zwischen den an einander gefügten Sarcoplasten verlaufen.
- f, f)* Sarcolemma mit Kernen und Fasern, welches an einer Stelle in die Sehne überzugehen scheint.

Fig. 9. Muskelfasern und Sarcoplasten von einer *Aplysia*, bei 360maliger Vergrösserung.

- a)* Muskelfaser mit Rinden- und Markschicht.
- b)* Elastische Fasern und Bindesubstanz mit Kernen.
- c)* Sehne, die an ihren beiden Enden mit den Muskelfasern *d d* sich verbindet.
- f, f)* Sarcoplasten auf verschiedener Entwicklungsstufe, zum Theil in Verschmelzung begriffen.

Fig. 10. Muskelemente aus dem Mantel einer jungen *Helix*, 360mal vergrössert.

- a)* Vollkommen gebildete dickere Muskelfasern mit feinkörnigem Inhalte.
- b)* Membran, aus Bindesubstanz bestehend, mit feinen parallelen, wahrscheinlich durch die Contraction der Muskelfasern erzeugten Faltenbildungen, und einzelnen elastischen Fasern.
- c, c)* Sarcoplasten zwischen den schon gebildeten Muskelfasern auf verschiedener Entwicklungsstufe.
- d)* Dünnere Muskelfasern mit ganz homogen scheinendem Inhalte.